

KUAT TEKAN BETON DENGAN ADITIF FLY ASH EX. PLTU MPANAU TAVAEI

I Wayan Suarnita*

Abstract

The need of building materials increased with increasing rate of physical development. Should be attempted in the alternative building materials binder which is applied in buildings. One alternative is the binder of fly ash. Fly ash pozzolan properties and can react with lime at room temperature with an aqueous medium and form a compound that binds.

This study aims to determine the influence of fly ash on compressive strength of concrete. Determination of mixture composition based on SK SNI T-15-1990-03. This study varying fly ash additive between 5%, 10%, 15%, 20% and 25% as an additive.

Results of laboratory tests showed that the use of concrete with fly ash as an additive to concrete compressive strength increased from 5.088%, 9.473%, 12.103%, 14.034% to 15.437% of normal concrete.

Key words : *compressive strength, fly ash, concrete*

Abstrak

Kebutuhan bahan bangunan makin meningkat seiring dengan meningkatnya laju pembangunan fisik. Perlu diusahakan adanya bahan bangunan pengikat alternatif yang diperuntukan pada bangunan struktural dan nonostruktural. Salah satu bahan pengikat alternatif adalah fly ash (abu terbang). Abu terbang memiliki sifat pozzolan dan dapat bereaksi dengan kapur pada suhu ruang dengan media air dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat.

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh abu terbang terhadap kuat tekan beton. Penentuan komposisi campuran berdasarkan SK SNI T-15-1990-03. Penelitian ini memvariasikan bahan tambah abu terbang antara 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% sebagai bahan tambah.

Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa beton dengan penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah dalam campuran beton mengalami peningkatan kuat tekan antara 5,088%, 9,473%, 12,103%, 14,034% hingga 15,437% dari beton normal.

Kata Kunci : Kuat tekan, abu terbang, beton

1. Pendahuluan

Salah satu bahan pengikat alternatif adalah *fly ash* (abu terbang). Abu terbang merupakan sisa pembakaran batubara dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang memiliki sifat pozzolan dan dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan media air dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat. Bahan pengikat alternatif ini dikembangkan dengan memanfaatkan abu terbang

sebagai bahan tambah dalam campuran beton.

Pemanfaatan abu terbang sebagai bahan tambah dalam campuran beton merupakan salah satu usaha untuk menanggulangi masalah lingkungan, karena abu terbang merupakan bahan buangan (limbah) yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan sekitarnya.

Khususnya Perusahaan Listrik Tenaga Uap (PLTU) Mpanau Palu setiap

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

harinya membutuhkan 450-500 ton batubara perhari untuk menggerakkan dua unit mesin PLTU. Abu terbang yang dihasilkan dari PLTU Mpanau 6 % dari penggunaan batubara yaitu berkisar 27-30 ton perharinya.

2. Tinjauan Pustaka

Abu terbang adalah bagian dari sisa pembakaran batu bara pada boiler pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk partikel halus dan bersifat pozzoland, berarti abu terbang tersebut dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar (24°C - 27°C) dengan adanya media air membentuk senyawa yang bersifat mengikat. Dengan sifat pozzolan tersebut abu terbang mempunyai prospek untuk digunakan berbagai keperluan bangunan. Abu bahan anorganik sisa pembakaran batubara dan terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran. Pada pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik terbentuk dua jenis abu yaitu Abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Partikel abu yang terbawa gas buang disebut abu terbang, sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut abu dasar.

Sebagian abu dasar berupa lelehan abu disebut terak (*slag*). Abu terbang ditangkap dengan electric Precipitator sebelum dibuang ke udara melalui cerobong.

Pozolan dapat dipakai sebagai bahan tambahan atau sebagai pengganti sebagian semen portland. Bila dipakai sebagai pengganti sebagian semen portland umumnya berkisar antara 10% - 35% berat semen (Tjokrodimulyo, 1996).

Dalam SK SNI S-15-1990-F spesifikasi abu Terbang sebagai bahan tambahan untuk campuran beton disebutkan ada 3 jenis abu terbang, yaitu :

- a. Abu terbang kelas F, adalah abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batubara, jenis antrasit pada suhu 1560°C.
- b. Abu terbang kelas N, adalah hasil kalsinasi dari pozzolan alam seperti tanah diatonoce, shale (serpih), tuft, dan batu apung.
- c. Abu terbang kelas C adalah abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran limit atau batubara dengan kadar karbon \pm 60 %. Abu terbang ini mempunyai sifat pozzolan dan sifat seperti semen dengan kadar kapur di atas 10 %.



Gambar 1. Sampel Abu Terbang

2.1 Sifat-sifat Abu terbang

- Warna

Abu terbang berwarna abu-abu, bervariasi dari abu-abu muda sampai abu-abu tua. Makin muda warnanya sifat pozolannya makin baik. Warna hitam yang sering timbul disebabkan karena adanya karbon yang dapat mempengaruhi mutu abu terbang.

- Komposisi

Unsur pokok abu terbang adalah silikon dioksida SiO_2 (30% - 60%), aluminium oksida Al_2O_3 (15% - 30%), karbon dalam bentuk batu bara yang tidak terbakar (bervariasi hingga 30%), kalsium oksida CaO (1% - 7%) dan sejumlah kecil magnesium oksida MgO dan sulfur trioksida SO_3 .

- Sifat Pozolan

Sifat pozolan adalah sifat bahan yang dalam keadaan halus dapat bereaksi dengan kapur padam aktif dan air pada suhu kamar (24°C - 27°C) membentuk senyawa yang padat tidak larut dalam air. Abu terbang mempunyai sifat pozolan seperti pada pozolan alam, mempunyai waktu pengerasan yang lambat. Hal

ini dapat diketahui dari daya ikat yang dihasilkan apabila dicampur dengan kapur. Kehalusan butiran abu terbang mempunyai pengaruh pada sifat pozolan, makin halus makin baik sifat pozolannya.

- Kepadatan (*density*)

Kepadatan abu terbang bervariasi, tergantung pada besar butir dan hilang pijarnya. Biasanya berkisar antara 2,43 gr/cc sampai 3 gr/cc. Luas permukaan spesifik rata-rata 225 m^2/kg - 300 m^2/kg . Ukuran butiran yang kecil kadang-kadang terselip dalam butiran yang besar yang mempunyai fraksi lebih besar dari 300 μm .

- Hilang pijar

Hilang pijar menentukan sifat pozolan abu terbang. Apabila hilang pijar 10% - 20% berarti kadar oksida kurang, sehingga daya ikatnya kurang, yang berarti sifat pozolannya kurang.

- Persyaratan mutu menurut SK SNI S-15-1990-F

Persyaratan kimia dan fisik abu terbang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Persyaratan Kimia Abu terbang

No	Senyawa	Kadar (%)
1.	Jumlah oksida $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ minimum	70
2.	SO_3 maks	5
3.	Hilang pijar maks	6
4.	Kadar air maks	3
5.	Total alkali dihitung sebagai Na_2O maks	1,5

Sumber: SNI 03-2460-1991

Tabel 2. Persyaratan Fisik Abu terbang

NO	Senyawa	Kadar (%)
1	Kehalusan : Jumlah yang tertinggal dia atas ayakan no. 325 (0,045mm) maks %	34

Tabel 2 (lanjutan)

NO	Senyawa	Kadar (%)
	Indeks keaktifan pozolan :	
2	1) Dengan menggunakan semen portland kuat tekan pada umur 28 hari, minimum 2) Dengan menggunakan kapur padam yang aktif, kuat tekan 7 hari, minimum N/m	75 % KT adukan pembanding 550
3	Kekekalan bentuk pengembangan/penyusutan dengan autoclave, maksimum %	0,8
4	Jumlah air yang digunakan	105 % dari jumlah air untuk adukan pembanding
	Keseragaman :	
	Berat jenis dan kehalusan dari contoh uji masing-masing tidak boleh banyak berbeda dari rata-rata 10 benda uji atau dari seluruh benda uji yang jumlahnya kurang dari 10 buah, maka untuk :	
5	1) berat jenis, perbedaan maksimum dari rata-rata, % 2) presentase partikel yang tertinggal pada ayakan no. 325 perbedaan dari rata-rata, %	5 5
6	Pertambahan penyusutan karena pengeringan (pada umur 28 hari maksimum, %)	0,03
7	Reaktifitas dengan alkali semen : Pengembangan mortar pada umur 14 hari, maksimum %	0,02

Sumber: SNI 03-2460-1991

2.2 Pengaruh Abu terbang

Abu terbang sudah banyak dipakai sebagai bahan bangunan. Pemakaian abu terbang sebagai bahan campuran atau pengganti sebagian semen portland telah dikenal lama di Negara-negara penghasil batubara, khususnya untuk pembuatan beton massa pada konstruksi bendungan atau beton yang berada di daerah agresif. Di Indonesia semen abu terbang sudah dipakai pada bangunan penahan gelombang untuk menahan erosi di tanah Lot-Bali, bangunan tambak udang , PLTU Kamojang, Jawa Barat.

Kegunaan abu terbang adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk pekerjaan beton/bahan bangunan bersemen :
 - Sebagai bahan tambah untuk memperbaiki mutu beton karena mempunyai sifat pozoland, memudahkan pekerjaan beton juga menambah kekuatan.
 - Sebagai pengganti sebagian semen sehingga lebih murah pada beton, paving block dan lain-lain.
 - Sebagai bahan pengisi sehingga beton akan lebih kedap terutama untuk DAM, bak penampung dan pipa drainase.

2) Untuk penggunaan lainnya

- Pada pekerjaan jalan sebagai jalan penstabil tanah dan bahan pengisi di bawah lapisan drainase.
- Bahan baku pembuatan agregat ringan dengan proses kalisinasi.
- Sebagai bahan pembuat bahan keramik, pemisah besi, mineral aluminat dan lain-lain.

2.3 Keuntungan dan Kelemahan Abu Terbang

Abu terbang yang baik mutunya memiliki sifat-sifat yang menguntungkan diantaranya karena kehalusan serta bentuknya yang bundar dan tidak porous, menyebabkan abu terbang dapat memperbaiki mutu beton

- 1) Keuntungan pada beton segar:
 - Memperbaiki sifat pengerjaan
 - Mengurangi terjadinya bleeding dan segregasi
 - Mengurangi jumlah panas hidrasi yang terjadi
 - Mengurangi jumlah air campuran
- 2) Keuntungan pada beton keras :
 - Meningkatkan kerapatan pada beton
 - Menambah daya tahan beton terhadap serangan agresif (sulfat)
 - Meningkatkan kekuatan beton pada jangka panjang
- 3) Kelemahannya adalah :
 - Pemakaian abu terbang kurang baik untuk pengerjaan beton yang memerlukan waktu pengerasan dan kekuatan awal yang tinggi karena proses pengerasan dan penambahan kekuatan betonnya agak lambat yang disebabkan karena terjadinya reaksi pozoland.
 - Pengendalian mutu harus sering dilakukan karena mutu abu terbang sangat tergantung pada

proses (suhu pembakaran) serta jenis abu batubaranya.

Karena abu terbang mempunyai kandungan utama silikat dioksida (SiO_2) maka pada suhu biasa dapat bereaksi secara kimiawi dengan kapur bebas (Ca(OH)_2) yang merupakan hasil sampingan proses hidrasi antara semen dan air menghasilkan calcium-silikat-hidrat (C – S – H) yang merupakan sumber kekuatan beton.

2.4 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan gambaran mutu beton, karena biasanya kenaikan kuat tekan beton akan diikuti oleh perbaikan sifat beton yang lainnya. Menurut SNI 03-1974-1990 yang dimaksud dengan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, yang dihasilkan oleh mesin uji tekan. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara memberi gaya tekan aksial secara bertahap terhadap benda uji silinder, sampai benda uji mengalami keruntuhan. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji hancur dengan luas penampang benda uji. Kuat tekan beton tersebut dapat dicari dengan menggunakan Persamaan:

$$f'_c = \frac{P_{maks}}{A_c}$$

Keterangan:

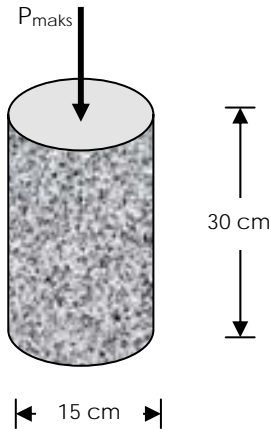
f'_c = kuat tekan beton, MPa.

P_{maks} = beban maksimum, N.

A_c = luas penampang, mm^2 .

P_{maks}





Gambar 2. Benda Uji Silinder

3. Metode Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini dapat dikelompokkan dalam beberapa tahap, yaitu tahap persiapan bahan penelitian, tahap pembuatan benda uji dan tahap pelaksanaan/pengujian.

3.1 Penyediaan Bahan Penelitian

Bahan utama yang akan digunakan dalam penelitian untuk menghasilkan beton normal, yaitu:

1) Semen

Semen yang akan digunakan adalah semen portland type I yang terdapat di pasaran Kota Palu dengan merek dagang Semen Tiga roda yang terdapat dalam

kantongan/zak dengan berat masing-masing 50 kg per zak.

2) Air

Air yang akan digunakan adalah air bersih yang memenuhi persyaratan untuk campuran beton, yaitu air yang tersedia di Laboratorium Bahan dan Beton, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako Palu.

3) Agregat

- Agregat halus

Agregat halus yang akan digunakan adalah pasir dari sungai Palu.

- Agregat kasar

Agregat kasar yang akan digunakan adalah batu pecah yang berasal dari Buluri.

4) Abu terbang

Abu terbang yang akan digunakan adalah abu terbang dari hasil limbah PLTU Mpanau Palu. Pengambilan abu terbang dilakukan pada satu lokasi pengambilan yaitu *Hopper*. *Hopper* merupakan bangunan berbentuk kerucut yang berfungsi menampung abu terbang (ukuran partikelnya agak halus) yang berhasil ditangkap oleh alat precipitator elektrik sebelum dimasukkan ke silo abu terbang.

3.2 Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dibuat variasi, yaitu persentase penambahan abu terbang, sehingga kebutuhan benda uji seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan benda uji masing-masing variasi

Nama benda uji	Perbandingan		Umur (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
	Semen (%)	Abu terbang (%)		
B1	100	5	28	5
B2	100	10	28	5

Tabel 3 (lanjutan)

Nama benda uji	Perbandingan		Umur (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
	Semen (%)	Abu terbang (%)		
B3	100	15	28	5
B4	100	20	28	5
B5	100	25	28	5

Tabel 4. Berat jenis bahan tambah Abu terbang

Jenis Bahan	I	II	Rata-rata	Spesifikasi
Abu terbang	2,41	2,43	2,42	-

Tabel 5. Komposisi kimia Abu terbang

No. Urut	Unsur kimia abu terbang	Persentase (%)
1	CaO	3,76
2	SiO ₂	48,51
3	Al ₂ O ₃	15,30
4	MgO	2,21
5	Fe ₂ O ₃	8,68
6	H ₂ O	18,76
7	Na ₂ O	1,05
8	K ₂ O	1,71

Tabel 6. Hasil rancangan komposisi campuran beton

Proporsi campuran tiap 1 m ³	
Jumlah semen	394,23 kg
Jumlah air	215,22 kg
Jumlah agregat halus	626,34 kg
Jumlah agregat kasar	1164,20 kg
Total	2399.99 kg

4. Hasil Pengujian

4.1 Pemeriksaan abu terbang

- Berat Jenis Abu terbang
Berat jenis abu terbang hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.
- Kandungan kimia Abu terbang

Komposisi kimia Abu terbang disajikan pada Tabel 5.

4.2 Hasil rancangan campuran beton

Rancangan komposisi campuran beton dihitung berdasarkan data-data pemeriksaan bahan penyusun beton dan spesifikasi yang

diinginkan. Setelah data-data pemeriksaan untuk membuat rancangan komposisi campuran beton diperoleh, kemudian dilakukan perhitungan rancangan campuran dengan menggunakan metode SNI 03-3449-1994. Hasil perhitungan rancangan komposisi campuran beton untuk tiap m^3 disajikan dalam Tabel 6.

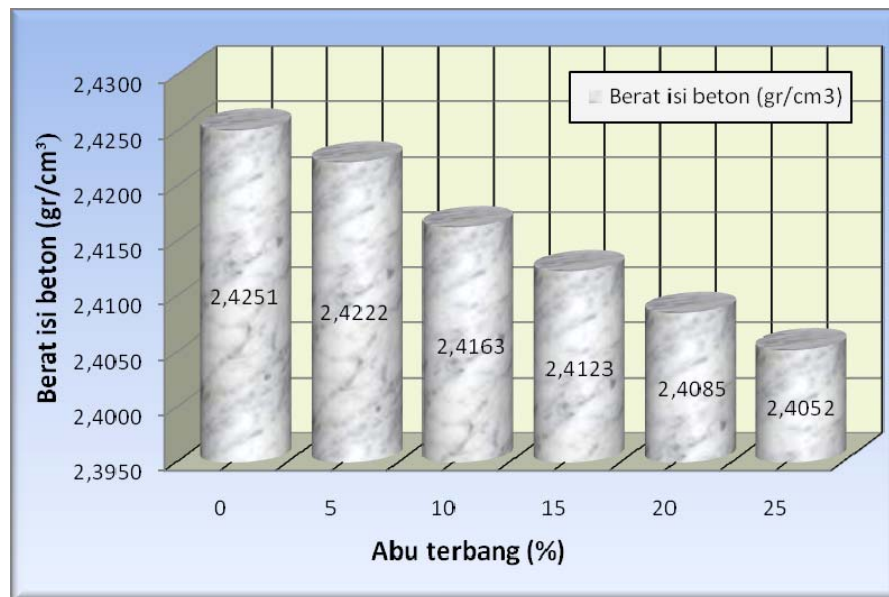
4.3 Hasil Pengujian Beton

- Hubungan berat isi beton terhadap persentase abu terbang

Dari hasil pemeriksaan berat isi beton untuk masing-masing komposisi campuran beton diperoleh berat isi beton rata-rata adalah seperti terlihat dalam Tabel 7, Gambar 3.

Tabel 7. Hasil Pengujian Berat Isi Beton

No	Kode Benda Uji	Bentuk Benda Uji	Umur (hari)	Berat Isi rata-rata (gr/cm^3)
1	BN	Silinder	28	2,4251
2	B1	Silinder	28	2,4222
3	B2	Silinder	28	2,4163
4	B3	Silinder	28	2,4123
5	B4	Silinder	28	2,4085
6	B5	Silinder	28	2,4052



Gambar 3. Grafik hubungan berat isi beton terhadap variasi abu terbang sebagai bahan tambah

Dari Gambar 3 terlihat bahwa semakin besar kadar abu terbang yang digunakan pada campuran beton, maka semakin rendah berat isi dari beton tersebut. Untuk beton normal berat isi rata-rata yang dihasilkan sebesar 2,4251 gr/cm³, pengujian berat isi beton dengan penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah untuk variasi 5 %, 10 %, 15 %, 20 % dan 25 % berat isi rata-rata yang dihasilkan antara 2,4222 gr/cm³, 2,4163 gr/cm³, 2,4123 gr/cm³, 2,4085 gr/cm³ hingga 2,4052 gr/cm³. Hal ini disebabkan karena abu terbang memiliki berat jenis yang rendah dibandingkan berat jenis semen.

- Hasil pengujian Kuat Tekan Beton
Pengujian kuat tekan beton dilakukan terhadap benda uji silinder beton dengan menggunakan mesin uji tekan Compression Machine dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kN/cm² perdetik. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton mencapai umur 28 hari dengan pengurangan sebagian semen dan tanpa pengurangan semen dengan variasi abu terbang (5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%). Hasil uji kuat tekan beton normal dan beton dengan penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah.

Tabel 8. Hasil pengujian kuat tekan beton normal dan beton dengan penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah pada umur 28 hari

No Benda uji	Kode Benda Uji	Bentuk benda uji	Satuan	Kuat Tekan Rata-Rata
1	BN	Silinder	MPa	32,2718
2	B1	Silinder	MPa	33,9137
3	B2	Silinder	MPa	35,3291
4	B3	Silinder	MPa	36,1783
5	B4	Silinder	MPa	36,8011
6	B5	Silinder	MPa	37,2541



Gambar 4. Grafik hubungan antara kuat tekan beton normal dan beton dengan penggunaan abu terbang tanpa pengurangan semen

Hasil dari pengujian kuat tekan rata-rata beton normal dan beton dengan penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah disajikan dalam Tabel 8, dan Gambar 4.

Dari hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari, diperoleh untuk beton normal dan beton dengan penambahan abu terbang sebesar 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen adalah sebesar 32,2718 MPa, 33,9137 MPa, 35,3291 MPa, 36,1783 MPa, 36,8011 MPa dan 37,2541 MPa atau mengalami peningkatan dari beton normal antara 5,088%, 9,473%, 12,103%, 14,034% hingga 15,437%.

Dari Gambar 4, terlihat bahwa semakin besar kadar abu terbang yang digunakan semakin tinggi nilai kuat tekan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena dengan menambahkan abu terbang ke dalam semen sebagai bahan tambah dan tanpa mengurangi proporsi semen akan meningkatkan unsur pengikat dalam semen yaitu silika (SiO_2) sehingga kuat tekan yang dihasilkan meningkat.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah pada umur 28 hari dengan variasi 5 % menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 33,9137 MPa, variasi 10 % 35,3291 MPa, variasi 15 % 36,1783 MPa, variasi 20 % 36,8011 MPa dan variasi 25 % 37,2541 MPa. Atau mengalami peningkatan kuat tekan terhadap beton normal.
- Pada penelitian ini penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah nilai kuat tekan yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya proporsi abu

terbang, sehingga kuat tekan beton maksimum belum tercapai.

6. Daftar Pustaka

Departemen Pekerjaan Umum, *SK SNI T-15-1990-03 Tata cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, *SK SNI-03-2460-1991 Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambah*, Jakarta.

Marzuki, P.F dan Jogaswara, E, *Potensi Semen Alternatif dengan bahan Dasar Kapur Padalarang dan Fly ash Suralaya untuk Konstruksi Ruma Sederhana*,

Mulyono, Tri, 2004, *Teknologi Beton*, edisi I, Penerbit ANDI, Yogyakarta

Murdock, L.J., dan Brook, K.M., 1999, *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Tjokrodinuljo, Kl., 1996, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Yogyakarta 1996.

<http://anitahilma.wordpress.com/2008/07/10/abu-terbang-batubara-sebagai-adsorben/>, diakses Desember 2008

http://www.baungcamp.com/?articles&post=Manfaat_Abu_Batubara, diakses Desember 2008

www.majarikanayakan.com, diakses Desember 2008

[www.PT Pusaka Jaya Palu Power.com](http://www.PT_Pusaka_Jaya_Palu_Power.com), diakses Desember 2008